FEREDIT
Fondo editorial
Red de investigadores de la Transcomplejidad

EDUCACIÓN TRANSCOMPLEJA: OPTIMIZANDO EL APRENDIZAJE ADAPTATIVO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING

¿Máquinas que Enseñan o Humanos que Despiertan?

María del Rosario Fernández de Silva

Educación transcompleja: optimizando el aprendizaje adaptativo con inteligencia artificial y machine learning
¿Máquinas que Enseñan o Humanos que Despiertan?

María del Rosario Fernández de Silva

Colección: Transtecnología
Primera Edición, Julio, 2025
Depósito Legal: **AR2025000131**
ISBN: **978-980-456-003-3**

Reservados todos los derechos conforme a la ley
Se permite la reproducción total o parcial del libro, siempre que se indique expresamente la fuente

Libros@Red de Investigadores de la Transcomplejidad.
https://reditve.wordpress.com
Rif: J403566976

Portada: Geminis AI
Revisión General: Dra. Crisálida Villegas

AUTORIDADES
REDIT
Dra. Crisálida Villegas
Presidente
Dra. Nancy Schavino
Vicepresidente
Dra. Mary Stella
Directora de Administración
Dra. Alicia Uzcátegui
Secretaria

FEREDIT
Dra. Sandra Salazar
Directora
Comité Editorial
Dra. Betty Ruiz
Dra. Rosana Silva
Dra. Evelyn Ereú
Dra. Miozotis Silva
Dr. Renne Pérez
Dr. Arturo Dávila

INDICE DE CONTENIDO

		pp.
	Prólogo	6
	Cruzar El Umbral	11
I	**Transcomplejidad como marco conceptual de la educación**	17
	Diferencias con otros enfoques tradicionales	21
	La educación como un sistema transcomplejo	25
	Educación como un sistema vivo	28
II.	**Interrelación entre elementos educativos: IA y aprendizaje adaptativo**	33
	Aprendizaje adaptativo como estrategia personalizada	35
	Optimización de procesos educativos con IA para el aprendizaje adaptativo	41
III.	**Fundamentos de la IA en educación**	51
	El verdadero potencial de la IA	52
	IA extensión de las capacidades humanas	57
IV.	**Complementariedad entre IA, aprendizaje adaptativo y transcomplejidad**	60
	Aprendizaje como proceso interconectado y complementario	62
	La IA como facilitador dentro del marco de la transcomplejidad	63
	Casos de estudio y aplicaciones prácticas	68
V.	**Machine learning en la educación. potenciando el aprendizaje personalizado**	75
	Principios básicos del aprendizaje automático	76
	Aplicaciones en educación	78
	Análisis de sentimientos y emociones	84
	Beneficios en educación	86
	El futuro de la educación	89
	Glosario de términos	94
	Referencias	100

INDICE DE FIGURAS

No.		pp.
1	La ciudad-ecosistema del aprendizaje	6
2	Holograma interactivo del conocimiento	11
3	El Árbol del Saber Transcomplejo	17
4	El Camino de Aprendizaje Personalizado	33
5	Pilares de la pedagogía digital	51
6	El tapiz de la sabiduría integrada	60
7	Escultor de conocimiento	75
8	Herramienta de creación asistida	94

PRÓLOGO

Figura 1. La ciudad-ecosistema del aprendizaje
Fuente: Gemini (2025)

El libro Educación transcompleja: optimizando el aprendizaje adaptativo con inteligencia artificial y machine learning, presentado por la doctora María Fernández, agrupa dos grandes temáticas que han adquirido relevancia en esta época como lo son la educación y la IA.

Es indudable, la actualidad del tema de la inteligencia artificial y su impacto y controversias relacionadas con la ética y la equidad, entre otros.

Específicamente, de la IA y educación se ha escrito y está escribiendo múltiples textos en la actualidad. Incluso Fernández es autora o coautora en otros, lo que nos habla de su experticia en el área.

No obstante, en este texto adquiere una connotación innovadora al incorporar como tercer término en la triada: el pensamiento transcomplejo, asumido como una nueva cosmovisión de complementariedad paradigmática y metodológica (Villegas, 2012).

A pesar de la dificultad de definir la Inteligencia Artificial, la noción más simple, desde un punto de vista ingenieril, es asumirla como un sistema digital que procesa y analiza información en su entorno para actuar sobre este, con cierto grado de autonomía, con el fin de alcanzar objetivos específicos (UNESCO, 2024).

Por su parte, la educación como proyecto de vida, significa una transformación del hombre, un desenvolvimiento de todas sus posibilidades.

Fomenta y permite la expresión de la enorme riqueza del ser.

Entonces, la educación transcompleja se asume como un encuentro educativo complejo, multidimensional y transdisciplinario, con, entre y para seres humanos, atendiendo a su biología, racionalidad, afectividad y espiritualidad, con miras a conformar personalidades integras e integrales (Villegas, 2018).

Una educación que considera lo afectivo como lo cognitivo, que promueve la imaginación y la creatividad, que favorece la libertad y la autonomía, pero no descarta la disciplina. Este cambio no es solo a nivel conceptual, sino que implica también abrirse a una nueva sensibilidad y otras formas de guiar el aprendizaje, a otra ética y otra estética.

Lo planteado, porque desde la mirada transcompleja estas dimensiones son inseparables en el convivir humano; de ahí que esta educación ha de servirse de las enormes ventajas que los

sistemas cibernéticos, la IA y los sistemas expertos le puedan proporcionar (Villegas, 2022).

Este planteamiento teórico se hace realidad, de forma destacada, en este texto, al plantear la doctora Fernández una nueva visión de la educación transcompleja complementada por las bondades de la inteligencia artificial, el aprendizaje adaptativo y automático, en un dialogo entre humanidad y máquina.

Para lograr lo cual dedica el primer capítulo a la transcomplejidad como marco conceptual de la educación; el segundo a la interrelación entre elementos educativos IA y aprendizaje adaptativo.
El tercero, presenta los Fundamentos de la IA en la educación. En el cuarto, habla acerca de la complementariedad: IA, aprendizaje adaptativo y transcomplejidad. Por último, en el quinto se dedica al Machine Learning, tema central del libro y finaliza con algunas prospectivas del futuro de la educación, vista desde la IA y la transcomplejidad.

Un aspecto, importante de destacar de este texto es el conjunto de casos de estudio y aplicaciones prácticas a nivel internacional, que permiten reflexionar acerca de situaciones reales que están ocurriendo en el mundo. Así mismo, inicia cada capítulo con una frase que despierta la imaginación acerca de lo que se encontrará en cada uno.

Por todos estos planteamientos es un texto que merece ser leído, reflexionado y ojalá genere debates y controversias. Al desear mucho éxito a la autora en la divulgación de su producción escrita presentada en este texto, quiero expresar mi agradecimiento al concederme el honor de prologarlo.

Dra. Crisálida V Villegas G
Presidente REDIT

La IA iluminada por la transcomplejidad emerge soluciones inéditas

CRUZAR EL UMBRAL

Figura 2. Holograma interactivo del conocimiento
Fuente: Gemini (2025)

Desde el provocador subtítulo, "¿Máquinas que enseñan o humanos que despiertan?", la obra nos sumerge en el corazón de un debate crucial. Este no es un libro sobre tecnología, sino una nueva concepción de la pedagogía.

Es una convocatoria a "Cruzar el Umbral" hacia un sistema educativo que acepta la complejidad del ser humano en vez de reducirla y que percibe en la

Inteligencia Artificial no un reemplazo, sino un fuerte socio para liberar el potencial de cada estudiante.

A lo largo de cuatro capítulos, se presenta un viaje intelectual que va desde los cimientos filosóficos hasta las aplicaciones más prácticas y futuristas. Así en el primero, **La transcomplejidad como marco conceptual de la educación**, se siembra la semilla de todo el libro. Presento la transcomplejidad como una respuesta necesaria frente a la rigidez de la educación tradicional, esa que tiende a fragmentar el conocimiento.

En lugar de ver el aprendizaje como una línea de ensamblaje, lo describo como un "tejido vivo", un ecosistema donde lo afectivo, lo cognitivo y lo social se entrelazan inseparablemente. Es el punto de partida para entender que “el alma y el silicio pueden y deben, encontrarse”.

A su vez, en la educación como un sistema transcomplejo, la tarea urgente, es "religar el saber". Explora la noción de la educación como un sistema activo y en evolución. Se deja de lado la metáfora del

reloj, que es predecible y mecánica, para adoptar la del jardín en desarrollo: un ámbito repleto de oportunidades, orgánico, a veces impredecible, pero mucho más abundante y fértil.

El segundo, **Interrelación entre elementos educativos, IA y aprendizaje adaptativo**. Entramos en el terreno de "La arquitectura de lo imposible". La IA se introduce no como una fuerza externa, sino como un aliado, un artesano que ayuda a construir un mosaico educativo donde cada estudiante es una pieza única. De esta forma, el aprendizaje adaptativo deja de ser una utopía para convertirse en una estrategia real que personaliza la experiencia educativa sin deshumanizarla.

El tercero, **Fundamentos de la IA en educación**. Este capítulo es como una "sinfonía inacabada", mostrándonos el potencial actual y futuro de la IA. Desmitifica la tecnología, explicando sus aplicaciones concretas (tutores inteligentes, análisis de datos).

Especialmente, subraya una idea fundamental: la IA está para fortalecer al docente, liberándolo de tareas repetitivas para que pueda centrarse en lo que ninguna máquina puede hacer: la conexión humana.

El cuarto, **La complementariedad entre IA, aprendizaje adaptativo y transcomplejidad**. Este es quizás el corazón de la propuesta, donde se vislumbra "El amanecer de la mente híbrida". No se trata de una fusión forzada, sino de una elegante complementariedad.

La transcomplejidad es el mapa, el aprendizaje adaptativo es el camino y la IA es el vehículo. Juntos, crean un ecosistema donde la eficiencia de la máquina potencia la sabiduría y empatía del educador.

Para que no quedarnos en la teoría, el capítulo da la bienvenida al aula cósmica, un espacio donde estas ideas ya son una realidad. A través de un conjunto de casos prácticos, como Knewton o DreamBox y modelos educativos, como el de

Finlandia, se demuestra que esta visión es viable. Igualmente, aborda con honestidad los desafíos: la brecha digital, la ética de los datos y la crucial necesidad de formación docente.

El quinto, **Machine Learning en la educación**. Aquí se escucha "El eco en la máquina". Este capítulo se sumerge en el motor que impulsa el aprendizaje adaptativo, el Machine Learning lo explica de una manera asombrosamente clara, con ejemplos detallados como el sistema "MathMentor", que permite entender cómo un algoritmo puede "escuchar" las necesidades de un estudiante y responder con recursos personalizados, fomentando no solo el conocimiento sino la confianza.

Finalmente, se presenta, el futuro de la educación con una "cartografía de un nuevo mundo". Explora las fronteras más emocionantes como la IA generativa y el metaverso educativo. La visión es clara: un futuro donde el aprendizaje es inmersivo, colaborativo y profundamente personal, un entorno donde la tecnología no dicta, sino que sirve de

puente para que cada estudiante construya su propio conocimiento.

En definitiva, esta obra es un manifiesto elocuente y esperanzador. Responde a la pregunta inicial con una certeza rotunda: las máquinas no deben simplemente "enseñar", sino que deben convertirse en las herramientas que permitan a los "humanos despertar". No se trata de elegir entre el silicio y el alma, sino de componer una nueva sinfonía educativa donde ambos resuenen en perfecta armonía.

I.TRANSCOMPLEJIDAD COMO MARCO CONCEPTUAL DE LA EDUCACIÓN

Cuando el silicio se encuentre con el alma

Figura 3. El árbol del saber transcomplejo
Fuente: Gemini (2025)

La transcomplejidad es una noción que ha emergido como respuesta a las limitaciones de enfoques educativos convencionales, que tienden a fragmentar la realidad y a buscar soluciones simplistas y reduccionistas para problemas

complejos. Villegas et al (2006) la describe como "proceso bio-afectivo-cognitivo, pero también sociocultural, institucional y político de producción de conocimientos complejos" (p.22).

A través de este lente, la transcomplejidad se presenta como un marco de acción, una forma de ver y vivir la educación que promueve la interacción de diferentes enfoques y perspectivas y que considera al sujeto de aprendizaje en su integralidad (biológico, afectivo, cognitivo y espiritual) y su contexto (social, cultural e institucional).

No cabe duda de que, este concepto invita a ver la educación de una forma diferente, no solo como un flujo de información de un profesor a los estudiantes. Más bien, es un proceso dinámico donde las ideas se entrelazan.

Ahí es donde la creatividad se combina con el pensamiento crítico y el conocimiento se crea a través de la interacción entre docentes, estudiantes, tecnología y el entorno social. Al verla como un ecosistema en constante cambio, la

transcomplejidad desafía a dejar de lado los métodos tradicionales y a buscar respuestas más abiertas y en diálogo.

Hoy en día, con las demandas tecnológicas y sociales cambiando tan rápido, la educación no puede quedarse en el pasado. Por eso, la transcomplejidad es importante, porque ayuda a adaptarse a un mundo diverso y complejo. Cabe considerar que, vivimos en una era en la que las tecnologías avanzan a pasos agigantados y, con estas, los métodos de formación y aprendizaje deben ajustarse.

Por lo que, los modelos educativos tradicionales, a menudo rígidos y predecibles, no son suficientes para abordar la diversidad de necesidades y la incertidumbre inherentes a las nuevas generaciones de estudiantes. En tal sentido, la transcomplejidad para Balza y Schavino (2020):

> …constituye un transparadigma en construcción, que se nos transparenta a través de un particular estado de la conciencia, para cosmovisionar, no

> solamente la puja dialéctica entre múltiples lógicas científicas, sino para valorar la interdependencia sistémica de todos los niveles de realidad (p. 48).

En este orden de ideas, estos autores plantean la posibilidad de romper con la estructura rígida de asignaturas aisladas (matemáticas, historia, biología).

En su lugar, mediante el aprendizaje basado en proyectos, se puede abordar problemas complejos del mundo real que requieren la integración de saberes de múltiples disciplinas para ser comprendidos y solucionados (por ejemplo, analizar el cambio climático desde la química, la economía, la sociología y la ética simultáneamente).

De este modo, el objetivo no es solo que el estudiante acumule información, sino que desarrolle una conciencia crítica, reflexiva y ética. En efecto, se busca formar ciudadanos capaces de navegar la incertidumbre, la ambigüedad y la complejidad del mundo actual.

Así pues, en el salón de clases se valora e integra no solo el saber científico, sino el conocimiento ancestral, la expresión artística, la perspicacia, la experiencia propia y los sentimientos como formas válidas de entender y, a la vez, se fomenta el debate y el respeto de diversos puntos de vista que aparentan estar enfrentados.

Desde este punto de vista, la educación transcompleja es un tipo de educación que deja atrás la memorización de datos, para enfocarse en formar personas que puedan reflexionar con capacidad crítica, comprender temas complejos, emprender, comportarse de forma adaptativa y desarrollar ideas nuevas acerca de los problemas del siglo XXI.

Diferencias con otros enfoques tradicionales

La transcomplejidad se distingue claramente de otros enfoques rígidos y lineales que han dominado el sistema educativo durante décadas. Mientras que enfoques tradicionales ven la educación como transmisión de conocimientos estructurada y predecible, la transcomplejidad

abraza la incertidumbre, la diversidad y la adaptabilidad.

A diferencia de los métodos que buscan soluciones estandarizadas para todos los estudiantes, la transcomplejidad reconoce que cada ser humano es único, con experiencias, emociones y formas de aprender que no pueden ser tratadas con fórmulas universales.

Por ejemplo, los enfoques tradicionales a menudo intentan reducir la complejidad del proceso educativo al dividir el aprendizaje en partes pequeñas y aisladas, buscando una eficiencia que a veces sacrifica la profundidad. Este modelo se asemeja a la visión de un reloj, donde cada parte debe encajar perfectamente en su lugar.

Pero la transcomplejidad ve la educación más como un jardín en crecimiento: no siempre predecible, lleno de variabilidad, pero lleno de posibilidades para aquellos que sepan observar y cultivar cada uno de sus elementos.

En este sentido, Bourdieu (1990) “critica la educación tradicional por su tendencia a clasificar y etiquetar a los estudiantes según criterios rígidos, dejando fuera la riqueza de su diversidad” (p.67).

Por su parte, Capra (2003), aplica la "visión sistémica de la vida a la educación, señala que la escuela es un "sistema vivo" o una "comunidad de práctica", donde el aprendizaje es un proceso emergente de la conexión y co-evolución de sus miembros”.

De forma similar, Bakhtin (1981), en sus <estudios sobre el diálogo resalta que “en el ámbito educativo, el lenguaje y las interacciones entre personas deben ser abiertas y flexibles, no subordinadas a una estructura jerárquica” (p.23).

Por ello, la visión de una educación transcompleja se fundamenta en una confluencia de ideas críticas y transformadoras, parte de la denuncia sociológica de Bourdieu (1990) contra un sistema educativo que, al clasificar y etiquetar, empobrece la rica diversidad humana y del saber.

Frente a este modelo rígido y fragmentador, la transcomplejidad asume la perspectiva sistémica de Capra, considerando el ámbito educativo como un "sistema vivo" en el que el aprendizaje no se fuerza, sino que surge de la interrelación y co-evolución de todos sus integrantes.

Este ecosistema de aprendizaje se activa mediante el método dialógico que sugiere Bakhtin (1981), en el cual las interacciones no jerárquicas y flexibles posibilitan que diversas voces y conocimientos se encuentren y se interrelacionan.

En conjunto, estos tres pilares definen la educación transcompleja como: una pedagogía que critica la fragmentación (Bourdieu), opera como un sistema vivo e interconectado (Capra) y se realiza a través del diálogo complementario y no jerárquico (Bakhtin).

Visto de esta forma, en lugar de ser un concepto abstracto, es una brújula que guía a educadores y estudiantes hacia una experiencia educativa dinámica, que abarca tanto los aspectos

cognitivos como los emocionales y socioculturales, y que abraza la incertidumbre del aprendizaje como una oportunidad para el crecimiento colectivo.

La educación como un sistema transcomplejo

La educación es un proceso que va mucho más allá de la simple transmisión de conocimientos; es un ecosistema dinámico, en constante interacción y evolución. Por ello, no se trata de una serie de pasos predecibles, como en una receta que sigue un formato rígido. De esta forma, al igual que los sistemas complejos, involucra múltiples factores que se interrelacionan y se transforman a lo largo del tiempo, generando resultados impredecibles.

Por lo tanto, un sistema complejo, según Morin (2008), es aquel que “está compuesto por múltiples elementos que no funcionan de manera aislada, sino que se influyen mutuamente, creando un todo cuya dinámica no puede ser comprendida simplemente observando sus partes” (p.67).

En este sentido, la educación no es solo el resultado de los contenidos educativos o de las

estrategias pedagógicas que se emplean, sino de cómo todos los elementos que forman parte de este proceso; desde los estudiantes y docentes, hasta el contexto cultural, social y tecnológico interactúan, se transforman y co-crean la experiencia educativa.

En este marco de ideas, la transcomplejidad se alinea con esta visión de la educación, donde la interacción entre todos estos elementos genera un aprendizaje más significativo, personalizado y adaptativo. De este modo, no busca predecir el resultado, sino abrazar la incertidumbre de este proceso y aprovecharla como una oportunidad para el descubrimiento.

Estas Ideas se relacionan con lo planteado por Perdomo et al (2017) quienes argumentan que “la investigación y la educación no pueden seguir abordándose desde el paradigma positivista, lineal y simplificador. Por lo que, deben ser vistas como sistemas complejos, abiertos y dinámicos” (p.67). De este modo, la transcomplejidad, promueve la complementariedad de lógicas y métodos.

En el ámbito educativo, esto implica unir lo cuantitativo con lo cualitativo, lo objetivo con lo subjetivo, la lógica con la emoción, y la tecnología (como la IA) con la humanidad tanto del docente como del estudiante, lo que facilita un aprendizaje auténticamente adaptativo y significativo.

Del mismo modo, Schavino (2012) y Villegas (2016) plantean respectivamente que la transcomplejidad se basa en principios transepistemológico y transmetodológico como la complementariedad paradigmática y metodológica; la sinergética relacional y la intercolaboración; la reflexividad y la reflexión acción; la dialógica recursiva y el dialogo transdisciplinario; así como la integralidad y el nuevo lenguaje.

Estos principios permiten que la educación se entienda como un sistema que no busca controlar o simplificar la realidad, sino aprovechar su complejidad para fomentar un aprendizaje significativo.

Por ejemplo, los educadores y estudiantes reflexionan sobre sus propias prácticas para transformarlas, rompiendo las barreras entre lo físico, lo virtual, lo científico y lo cotidiano.

Educación como un sistema vivo

Al considerar la educación como un sistema complejo, nos alejamos de la idea de un proceso lineal y predecible, para acercamos a una visión más orgánica y fluida, similar a la de un organismo vivo. Lo cual reconoce que la educación está en constante cambio y que cada elemento dentro de esta ya sea el estudiante, el docente, el contenido o la tecnología, tiene una interacción constante que influye en su evolución.

De tal modo que, la visión transcompleja permite concebir el aula como un tejido vivo, donde cada hilo, cognitivo, emocional, social, es indispensable. En la era digital, este tejido se expande más allá de las paredes físicas, integrando una urdimbre tecnológica fundamental.

Como señala Siemens (2004) padre del conectivismo, “el aprendizaje ya no es una actividad puramente individual, se transforma en la habilidad de crear, mantener y navegar estas redes complejas, convirtiendo al estudiante en un nodo activo que nutre y es nutrido por el ecosistema de información global" (p.7).

Así, el tejido del aula transcompleja se convierte en una red dinámica y distribuida. Asimismo, señala que “El conectivismo se basa en la idea de que el conocimiento existe en el mundo más que en la cabeza de un individuo. El aprendizaje es el proceso de construir y navegar redes (p. 6).

Por lo que el rol del estudiante no es solo asimilar el conocimiento contenido en los hilos, sino convertirse en un tejedor activo que aprende a construir y navegar estas redes de información, personas y tecnología.

Esta visión rechaza la rigidez y la falta de flexibilidad de los modelos tradicionales, que intentan aislar y controlar cada factor y propone una

educación que fluya, cambie y se adapta de acuerdo con las necesidades de cada contexto.

Por consiguiente, un sistema vivo es aquel que no permanece estático, es dinámico y responde a las influencias internas y externas que lo rodean. La educación se convierte en un proceso abierto y colaborativo, en el que todos los participantes tienen un papel activo en la construcción del conocimiento. Este modelo promueve un espacio en el que los estudiantes no solo reciben información, sino que se interrelacionan con esta, la cuestionan y la modifican según su experiencia.

De tal modo, que la educación es un proceso donde todos los elementos interactúan entre sí. No se trata solo de pasar conocimiento de una persona a otra, sino que se crea en un espacio que todos comparten.

Cada estudiante trae su propia historia y experiencias, lo que los hace únicos en el sistema educativo. Por eso, el aprendizaje se acomoda a lo que cada persona necesita y puede hacer, lo que

hace que la educación sea más personalizada y adaptable.

De acuerdo con Bransford, Brown y Cocking (2000) “el aprendizaje es más eficaz cuando parte de los conocimientos previos del estudiante y se ajusta a su ritmo y estilo de aprendizaje” (p.76). Este enfoque adaptativo se alinea perfectamente con la transcomplejidad, que ve la educación como una serie de interacciones dinámicas y cambiantes.

Por lo tanto, la adaptabilidad, en este contexto, no solo se refiere a la capacidad de ajustar los contenidos educativos, sino a la de reconocer los factores emocionales y contextuales que afectan el aprendizaje. Por ejemplo, la motivación, las emociones y el entorno social son factores clave que deben ser considerados para que el aprendizaje sea significativo. Al poder interactuar estos elementos, los sistemas educativos pueden ser más efectivos y menos predecibles, pero mucho más enriquecedores.

Por lo tanto, pensar la educación a través de la

transcomplejidad impulsa a renunciar a los enfoques inflexibles, a acoger la diversidad y la capacidad de adaptación. En esta línea de pensamiento, la educación, como un ente vivo, debe ser flexible y ajustarse a los cambios y retos que propone el entorno, donde los estudiantes son vistos como actores activos en su proceso de aprendizaje, lo que convierte el aula en un espacio vibrante para el descubrimiento, la creatividad y la construcción colectiva.

II.INTERRELACIÓN ENTRE ELEMENTOS EDUCATIVOS: IA Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO

La arquitectura de lo imposible

Figura 4. El camino de aprendizaje personalizado
Fuente: Gemini (2025)

La inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser un concepto de ciencia ficción a ser una herramienta concreta que está cambiando la educación. Más allá de los algoritmos y las máquinas, se manifiesta como un aliado que se conecta con el sistema educativo

de manera profundamente personalizable y adaptativa.

Por eso, ya no es solo una herramienta técnica; porque forma parte de un ecosistema educativo interconectado, donde cada elemento; desde el estudiante hasta el profesor, pasando por el contenido y la tecnología; juega un papel crucial en el aprendizaje.

En este contexto, en lugar de ver la IA como una fuerza independiente que actúa por su cuenta, es necesario concebirla como una prolongación de la interacción pedagógica, que examina, ajusta y reacciona ante las necesidades particulares de cada estudiante. En consecuencia, la IA actúa como un intermediario en la educación transcompleja, donde cada interacción y cada modificación están interrelacionadas, facilitando un aprendizaje dinámico.

No se trata solo de que la IA ejecute tareas repetitivas, sino de que colabore con los educadores, enriqueciendo su capacidad para ofrecer una

educación más personalizada y centrada en el estudiante.

Aprendizaje adaptativo como estrategia personalizada

El aprendizaje adaptativo es una estrategia que se adapta al ritmo y estilo único de cada estudiante. Si bien tradicionalmente los estudiantes eran evaluados y clasificados de acuerdo con un único estándar, el aprendizaje adaptativo rompe con este paradigma, ofreciendo contenidos ajustados y actividad personalizada basada en el rendimiento del estudiante.

En este marco de ideas, Bransford, Brown y Cocking (2000) dicen que “un aprendizaje efectivo debe partir de los conocimientos previos del estudiante, respetando sus diferencias individuales” (p.12). De esta forma, la IA juega un papel fundamental: analiza los datos de las interacciones del estudiante (tiempos de respuesta, áreas de dificultad, preferencias de aprendizaje) y ajusta los

contenidos en tiempo real, proporcionando soluciones personalizadas para cada necesidad.

De esta forma, la IA y el aprendizaje adaptativo se entrelazan, creando un ambiente en el que el estudiante no es simplemente un receptor pasivo, sino que interactúa con el contenido y con la tecnología de manera activa, tomando las riendas de su propio proceso de aprendizaje.

Este proceso se puede comparar con el de un mosaico en construcción, donde cada estudiante es una pieza única con colores, formas y texturas distintas. Por lo que, la IA actúa como el artesano que observa cómo cada pieza encaja en el conjunto, ajustando su posición y conexión con las demás para crear una obra armoniosa y completa. Idea que transforma la educación en un proceso abierto, innovador y adaptado a las realidades complejas.

Cabe considerar que, la personalización educativa va más allá de simplemente ofrecer recursos adicionales. En consecuencia, la inteligencia artificial (IA), al examinar información

detallada de cada estudiante, facilita una adaptación constante y flexible de los temas, las tareas y los materiales, garantizando que cada uno avance a su velocidad, considerando sus gustos y requerimientos individuales.

Por ejemplo, en una plataforma educativa basada en IA, un estudiante que lucha por entender el proceso de la fotosíntesis no solo verá el mismo diagrama una y otra vez. Sino que, la IA, al analizar que el estudiante confunde los "ingredientes" (agua, CO_2) con los "productos" (oxígeno, glucosa), podría ofrecerle:

-Una Simulación Interactiva. Un laboratorio virtual donde el estudiante puede controlar variables como la intensidad de la luz, la cantidad de agua y los niveles de CO_2 para ver en tiempo real cómo esto afecta la producción de oxígeno y el crecimiento de una planta virtual.

-Conexión con la vida real. Aprovechando los datos de localización de los (usuarios) se puede saber que el estudiante vive en una zona rural, por

lo que, la IA podría mostrarle videos de cultivos locales creciendo y explicarle cómo la fotosíntesis es esencial para que llegue comida a su mesa.

Analogías personalizadas. Si a un estudiante le gustan los videojuegos sobre construcción, la IA podría explicar la fotosíntesis a través de una analogía como una fábrica en la que la luz solar es la energía, el agua y el CO_2 son las materias primas y el oxígeno es un subproducto.

Es importante tener en cuenta que este enfoque de aprendizaje personalizado y flexible se transforma en una estrategia efectiva para asegurar que todos los estudiantes puedan aprender a su propio ritmo y según sus particularidades individuales. Asimismo, la aplicación de la IA para adaptar el aprendizaje no se restringe únicamente al sector educativo.

Además, facilita la identificación de problemas emocionales o de motivación, asistiendo a los educadores para que intervengan de forma más

exacta y compasiva, asegurando que la educación sea integral y sensible.

Cabe entonces considerar que, la sinergia entre la IA y el aprendizaje adaptativo no solo hace más eficiente el proceso educativo, sino que crea un entorno donde la colaboración entre estudiantes, docentes y tecnología se vuelve clave. Si bien la IA tiene la capacidad de personalizar los contenidos, el aprendizaje adaptativo se centra en cómo ajustar las estrategias pedagógicas a cada estudiante.

Del mismo modo, el aprendizaje adaptativo potencia la interacción entre el estudiante y la IA, creando un proceso de retroalimentación continua. Por lo tanto, los estudiantes pueden interactuar con las plataformas y recibir respuestas casi en tiempo real sobre sus avances, lo que facilita una adaptación continua de los contenidos y permite una mayor autonomía y responsabilidad en su aprendizaje.

Pero esta colaboración no es un proceso unidireccional, debido a que la IA actúa como un

copiloto para el educador, apoyándolo y amplificando su capacidad para interactuar con los estudiantes de manera más personalizada.

De tal forma que, el docente sigue siendo el guía del proceso educativo, pero la IA se convierte en una herramienta que optimiza la capacidad del docente para tomar decisiones informadas, centradas en las necesidades de cada estudiante.

Por lo tanto, aunque la IA y el aprendizaje adaptativo ofrecen enormes ventajas, también presentan desafíos éticos y críticos que deben ser considerados cuidadosamente. Siendo así, Williamson (2017) advierte “sobre los riesgos éticos vinculados al uso de la IA, especialmente en lo que respecta a la privacidad de los datos del estudiante y la transparencia en el uso de estos datos” (p.90). Por lo que, la gestión de datos debe ser responsable y transparente, asegurando que la información personal no sea utilizada de manera abusiva.

Además, la capacitación docente es esencial para que estas herramientas tecnológicas se

implementen de manera eficaz. De tal modo que, los educadores deben estar preparados para entender y utilizar la IA de manera ética y pedagógica, garantizando que el uso de estas herramientas amplifique sus capacidades en el aula.

Optimización de procesos educativos con IA para el aprendizaje adaptativo

La optimización de los procesos educativos es un concepto central en la integración de la inteligencia artificial (IA) y aprendizaje adaptativo en el aula. Sin embargo, la optimización no debe entenderse únicamente como hacer las cosas más rápido o con menor esfuerzo, como si se tratara de un proceso industrial. Desde luego, en el contexto educativo, optimizar significa acordar, personalizar y ajustar continuamente el proceso educativo para maximizar su efectividad y adaptabilidad a las necesidades de cada estudiante.

Por lo que, Morín (2004) proporciona un marco teórico robusto para comprender la educación como un sistema complejo y dinámico, argumenta que “el

pensamiento complejo se basa en principios como la dialogización, integración de lógicas antagónicas; la recursividad, procesos que se autoproducen, autoorganizan y la holograma ticidad, el todo está en las partes y las partes en el todo" (p.23).

Estos principios son fundamentales para diseñar sistemas educativos que se adapten a la diversidad de los estudiantes, promoviendo una optimización que no simplifica la realidad, sino que la enriquece mediante la personalización y la flexibilidad.

De tal modo que, la optimización educativa debe ser un proceso dialógico que integre las necesidades individuales de los estudiantes, recursivo en su capacidad de ajustarse continuamente, y hologramático al considerar que cada estudiante refleja y contribuye a la totalidad del sistema educativo.

La IA, en este contexto, actúa como una herramienta que facilita esta optimización al procesar datos sobre el desempeño y las

preferencias de los estudiantes, permitiendo ajustes personalizados en tiempo real.

Dicho de otra manera, no solo se refiere a la eficiencia técnica, sino a crear entornos educativos más humanos, donde el proceso de aprendizaje se amolde de forma dinámica a la capacidad y necesidades del estudiantado, respetando su ritmo y estilo de aprendizaje.

Ahora bien, la inteligencia artificial se convierte en la pieza clave para la optimización de estos procesos, gracias a su capacidad para analizar grandes cantidades de datos y detectar patrones, puede prever las necesidades individuales de cada estudiante y ajustar los contenidos, la dificultad y los métodos pedagógicos en tiempo real. Se presentan tres ejemplos descritos por Luckin (2018):

- Tutores conversacionales basados en modelos de lenguaje (Como Khanmigo de Khan Academy): Estas herramientas funcionan como un tutor socrático individual. Cabe destacar, entonces, que un estudiante que no entiende un concepto no recibe

un video genérico, sino que puede conversar con la IA.

En este orden de ideas, un estudiante de física que no comprende la tercera ley de newton ("acción y reacción") puede preguntarle a la IA: "Si empujo una pared y no se mueve, ¿por qué entonces esta me empuja a mí?".

Es importante señalar que, la IA no proporciona la respuesta de forma directa, sino que orienta mediante preguntas: "Muy buena pregunta. Considera lo que experimentas en tu mano al presionar. ¿Experimentas tensión? ¿De dónde piensas que proviene esa presión? De esta forma, la IA no solo personaliza el contenido, sino el proceso de razonamiento, ayudando al estudiante a construir su propio conocimiento.

-Plataformas de rutas de aprendizaje basadas en neurociencia y IA (Como CENTURY Tech). Estas plataformas combinan la inteligencia artificial con principios de la ciencia cognitiva y la neurociencia. Primero, realizan un diagnóstico inicial para

identificar no solo lo que un estudiante no sabe, sino sus posibles ideas erróneas.

Al comenzar una unidad de química, la plataforma detecta que un estudiante no tiene conocimiento fundamental sobre la diferencia entre átomos y moléculas. En lugar de seguir con el plan de estudios, la IA crea una "ruta de aprendizaje" de intervención personalizada. Esta incluye micro lecciones en video, un artículo corto y una simulación interactiva, todo enfocado en solidificar ese concepto base.

Solo cuando los algoritmos confirman, mediante mini-evaluaciones, que el concepto está dominado, la plataforma reintegra al estudiante en la ruta principal. Así, la IA actúa como un ingeniero de conocimiento, reparando las bases antes de construir sobre estas.

-Sistemas de evaluación de respuestas abiertas (Como Cognii). Se sobrepasan las restricciones de las pruebas de elección múltiple. Emplean el Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) para

valorar respuestas escritas y abiertas, evaluando el nivel de argumentación y la profundidad de la comprensión.

Por lo que, en una clase de literatura, en lugar de preguntar "¿Quién es el protagonista de Don Quijote?", la plataforma puede solicitar: "Describe con tus propias palabras de qué manera la locura de Don Quijote critica la sociedad de su época".

Ciertamente, la inteligencia artificial examina la respuesta del estudiante, reconoce los temas principales tratados (crítica a los libros de caballerías, idealismo frente a realidad), mide la consistencia del argumento y proporciona retroalimentación semántica concreta, como: "Has detallado adecuadamente el idealismo, pero podrías profundizar en cómo sus acciones revelan la hipocresía de otros personajes". Esto fomenta el pensamiento crítico en lugar de la memorización.

De tal manera que esta autora, propone un modelo de educación impulsado por IA que combina personalización, retroalimentación adaptativa y

principios de la ciencia cognitiva para optimizar el aprendizaje. Introduce el concepto de inteligencia artificial en educación como un enfoque que no solo mejora la eficiencia, sino que transforma la pedagogía, centrada en el estudiante como constructor activo de su conocimiento.

Los tres ejemplos expuestos (tutores de conversación, plataformas de caminos de aprendizaje y sistemas de evaluación basada en respuestas abiertas) ajustan el contenido y la interacción a las necesidades personales del estudiante y al mismo tiempo, contribuyen a que estos reflexionen sobre su propio proceso educativo.

Se plantea, entonces, que un aspecto fundamental de la optimización educativa es la capacidad de ofrecer retroalimentación inmediata. A través de la IA, los sistemas de aprendizaje adaptativo pueden identificar áreas problemáticas y proponer soluciones casi instantáneamente, creando un entorno de aprendizaje en el que el estudiante no se queda atrapado por sus

dificultades, sino que recibe intervenciones personalizadas a medida que avanza.

Este tipo de retroalimentación no solo mejora la comprensión de los estudiantes, sino que, además, promueve una actitud más proactiva hacia el aprendizaje. De tal manera que, los estudiantes, al recibir la información adecuada en el momento justo, pueden corregir errores, reforzar su comprensión y avanzar más rápidamente, sin esperar el próximo ciclo de evaluación formal.

En muchas plataformas de aprendizaje digital, la optimización a través de IA ya es una realidad tangible. Smart Sparrow, por ejemplo, permite a los educadores crear contenido adaptativo que responde a las acciones de los estudiantes. Los sistemas de IA proporcionan información detallada a los docentes sobre las dificultades que enfrentan sus estudiantes y les sugieren estrategias específicas para mejorar el aprendizaje.

Otro caso notable es DreamBox, que utiliza IA para crear un entorno completamente dinámico

donde el contenido se adapta a cada estudiante, optimizando su experiencia de aprendizaje en función de los datos recogidos de sus interacciones previas.

Siemens y Long (2011) destacan que la optimización de procesos educativos no se trata solo de automatizar las tareas, sino de proporcionar una educación de calidad que valore las interacciones humanas y las necesidades individuales de los estudiantes.

Por lo que, la IA puede automatizar ciertas tareas, pero el verdadero valor está en cómo apoya y enriquece la experiencia educativa. En tal sentido, los beneficios de optimizar los procesos educativos con IA son amplios y variados. Primero, mejora la eficiencia en la gestión del tiempo, permitiendo que los estudiantes puedan avanzar a su propio ritmo, mientras que los docentes tienen más tiempo para centrarse en la orientación personalizada.

En segundo lugar, la optimización facilita una educación más inclusiva, al garantizar que todos los

estudiantes, independientemente de su nivel de habilidad, reciban la atención necesaria para prosperar. Esto se logra mediante la adaptación de los contenidos y la dificultad a las capacidades de cada estudiante, lo que hace que el aprendizaje sea más accesible y equitativo.

La optimización fomenta una cultura de aprendizaje continuo, donde los estudiantes están constantemente motivados a avanzar y perfeccionar sus habilidades a través de un proceso de mejora continua, alimentado por la retroalimentación constante proporcionada por las plataformas basadas en IA.

La optimización de los procesos educativos mediante IA no solo mejora la eficiencia, sino que crea una experiencia educativa más rica y personalizada, donde cada estudiante tiene la oportunidad de crecer y aprender a su propio ritmo.

III.FUNDAMENTOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN

La sinfonía inacabada

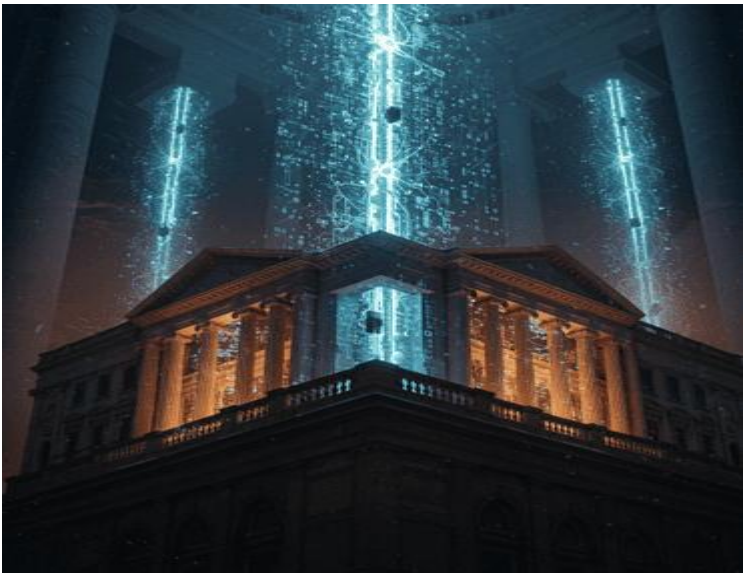

Figura 5. Pilares de la pedagogía digital
Fuente: Gemini (2025)

La Inteligencia Artificial (IA) ha dejado de ser un concepto del futuro para convertirse en una herramienta tangible en ja vida diaria. En términos simples, la IA se refiere a máquinas o sistemas computacionales capaces de realizar tareas que

normalmente requieren inteligencia humana, tales como aprender, razonar, tomar decisiones y reconocer patrones.

Por lo que, el campo de la IA ha avanzado rápidamente en las últimas décadas y ha comenzado a integrarse en una amplia gama de sectores, con la educación es uno de los más destacados. De este modo, en educación no se limita a la automatización de procesos administrativos o a la corrección de exámenes.

El verdadero potencial de la IA

El verdadero potencial de la IA radica en su capacidad para transformar el aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de cada estudiante y proporcionando una experiencia educativa personalizada. De acuerdo con lo planteado por Norvig (2020) la IA se ha convertido en:

> Una herramienta clave para facilitar el aprendizaje, no solo mejorando la eficiencia de las tareas educativas, sino enriqueciendo la experiencia educativa,

haciéndola más interactiva y personalizada (p.12).

El autor sugiere que la IA no solo optimiza procesos, sino que mejora cualitativamente la experiencia educativa al personalizarla y fomentar la interacción activa. Desde la perspectiva de Balza (2020) los educadores deben adoptar enfoques diversos. Por lo que, desde la transcomplejidad, la IA puede convertirse en una herramienta para facilitar un aprendizaje eficiente, interactivo y profundamente personalizado.

En la IA, se puede distinguir varias categorías según su nivel de capacidad: **IA débil o estrecha**. Es la que predomina actualmente en el ámbito educativo. Se refiere de acuerdo con Searle (1980) a sistemas diseñados para realizar tareas específicas y limitadas, como la recomendación de contenidos, la corrección automática de ejercicios y la personalización del aprendizaje. No tiene consciencia ni capacidad para realizar tareas fuera de las funciones para las que fue diseñada.

IA general. Este tipo tiene la capacidad de acuerdo con Bostrom (2014) de realizar cualquier tarea cognitiva humana, desde resolver problemas hasta interactuar socialmente. Aunque es más avanzada, todavía no se ha alcanzado en el campo educativo. Sin embargo, la IA general es el futuro de la educación personalizada, donde la máquina podría entender y adaptarse completamente a las necesidades del estudiante.

IA fuerte. Para Searle (1980) es el tipo de IA más ambicioso y aún no alcanzado, con el objetivo de replicar la inteligencia humana en su totalidad. Si bien todavía está en una fase teórica, podría tener implicaciones profundas para la educación, incluyendo la interacción emocional y la creación de entornos de aprendizaje totalmente autónomos.

Aplicaciones de la IA en educación

De este modo, la IA en la educación se aplica de diversas maneras, todas con el objetivo de mejorar el proceso de aprendizaje y hacerlo más eficiente y personalizado. A continuación, se

describen algunas de las aplicaciones más relevantes explicadas por Luckin (2018):

Plataformas de aprendizaje adaptativo. La IA permite que las plataformas educativas adapten los contenidos y las actividades a las necesidades y el rendimiento de cada estudiante. Herramientas como DreamBox o Knewton utilizan IA para crear entornos de aprendizaje dinámicos, ajustando la dificultad de los ejercicios y recomendando recursos adicionales según el ritmo y el avance del estudiante.

Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS). Estas plataformas simulan el trabajo de un tutor humano, proporcionando retroalimentación personalizada en tiempo real y guiando a los estudiantes en su aprendizaje. Estos sistemas no solo ofrecen respuestas automáticas, sino que pueden reconocer patrones de dificultad o confusión y ajustar la estrategia de enseñanza.

Análisis de Datos y Retroalimentación en Tiempo Real. Gracias a la IA, los docentes ahora pueden acceder a una cantidad masiva de datos

sobre el rendimiento de los estudiantes. La IA analiza estos datos y proporciona informes detallados sobre los puntos fuertes y áreas de mejora de cada estudiante, lo que permite una intervención temprana y personalizada.

Plataformas de Evaluación Automática. Los sistemas de IA pueden corregir automáticamente pruebas y tareas, proporcionando retroalimentación inmediata. Con esto, el profesor gana tiempo valioso, y a la vez, los estudiantes captan inmediatamente sus fallas, lo que potencia su entendimiento sobre la materia. Un elemento clave de la inteligencia artificial en la educación es liberar al profesor para las interacciones de alto valor humano y mejorar su capacidad de conexión con los estudiantes.

Por ello, los docentes pueden emplear la IA para manejar tareas administrativas y monótonas, lo que les brinda la oportunidad de concentrarse más en los aspectos pedagógicos y humanos del proceso educativo. De esta manera, Woolf (2010) señala que, si bien la IA puede automatizar ciertas

funciones, sigue siendo el docente quien debe guiar el proceso educativo, tomar decisiones sobre el enfoque pedagógico y proporcionar apoyo emocional y motivacional a los estudiantes.

IA extensión de las capacidades humanas

Sin duda alguna, la IA, entonces, se convierte en una extensión de las capacidades del educador, ayudando a personalizar el aprendizaje y a proporcionar una experiencia educativa más enriquecida. Es importante tener en cuenta que su integración en el ámbito educativo despliega un abanico de ventajas que superan la mera optimización de la administración del aprendizaje, tal como lo plantea Holmes (2021):

-**Personalización.** La IA permite que cada estudiante reciba un plan de aprendizaje único adaptado a sus necesidades, intereses y estilo de aprendizaje, lo que aumenta la motivación y mejora los resultados académicos.

-**Accesibilidad.** Las plataformas basadas en IA pueden adaptarse a estudiantes con diferentes

capacidades y necesidades, incluyendo aquellos con discapacidades o dificultades de aprendizaje, brindando una educación más inclusiva.

-**Optimización de tiempo y recursos.** Al automatizar ciertas tareas, como la evaluación o la recomendación de contenido, los docentes pueden dedicar más tiempo a la interacción directa con los estudiantes y a la planificación pedagógica.

-**Aprendizaje continuo**. La IA puede seguir el avance de los estudiantes a lo largo del tiempo, ayudando a identificar patrones y proporcionando retroalimentación constante, lo que facilita un proceso de aprendizaje continuo.

De acuerdo con lo descrito, el autor argumenta que la IA tiene el potencial de mejorar la educación al personalizar el aprendizaje, aumentar la accesibilidad, optimizar los recursos y fomentar un aprendizaje continuo, siempre que se implemente con un enfoque ético y equitativo.

Su trabajo enfatiza que la IA debe diseñarse para apoyar a los estudiantes y docentes, respetando la

diversidad y promoviendo la inclusión, lo cual resuena con la visión transcompleja de Balza (ob cit) sobre la educación como un sistema interdependiente y multidimensional.

En consecuencia, la IA se ha establecido como una herramienta poderosa para transformar la educación, debido a que al permitir una personalización del aprendizaje y al proporcionar retroalimentación en tiempo real, no solo hace más eficiente el proceso educativo, sino que lo hace más accesible y adaptado a las necesidades de cada estudiante.

IV.COMPLEMENTARIEDAD ENTRE IA, APRENDIZAJE ADAPTATIVO Y TRANSCOMPLEJIDAD

El amanecer de la mente híbrida

Figura 6. El tapiz de la sabiduría integrada
Fuente: Gemini (2025)

La transcomplejidad no se refiere a la integración forzada de los diferentes elementos del proceso educativo, sino a cómo estos pueden

complementarse, enriqueciendo el aprendizaje de formas únicas y adaptativas.

En este sentido, la inteligencia artificial y el aprendizaje adaptativo no se funden en un único modelo homogéneo, sino que mantienen sus características propias mientras se complementan en el ecosistema educativo, creando un ambiente en el que cada uno aporta sus fortalezas sin perder su esencia.

De este modo, Villegas y Schavino et al (2006) enfatizan que la “complementariedad permite que los enfoques educativos coexistan sin forzar una uniformidad, sino reconociendo y aprovechando las diferencias” (p.25).

En el contexto de la IA y el aprendizaje adaptativo, la transcomplejidad promueve que estas herramientas tecnológicas trabajen junto con los enfoques pedagógicos tradicionales de manera que se potencien mutuamente, ofreciendo una educación que se adapta a las necesidades individuales, pero también respeta la pluralidad de

los métodos y perspectivas que pueden enriquecer el proceso de aprendizaje.

Aprendizaje como proceso interconectado y complementario

En la educación transcompleja, el aprendizaje se concibe como un proceso interconectado, donde cada elemento educativo desde el estudiante hasta el docente, el contenido y la tecnología se encuentra en constante interacción, pero también en complementariedad.

A diferencia de los enfoques tradicionales, que intentan estandarizar el aprendizaje a través de métodos rígidos, la complementariedad permite que el aprendizaje adaptativo y la IA actúen como herramientas dinámicas, ajustando los contenidos y el ritmo de aprendizaje sin anular la interacción humana ni las estrategias pedagógicas.

Como dicen Bransford, Brown y Cocking (2000) el aprendizaje es más efectivo cuando se basa en la interacción constante con el entorno. En este sentido, la IA y el aprendizaje personalizado ofrecen

retroalimentación inmediata y modifican la experiencia según las necesidades del estudiante, pero no reemplazan la interacción humana ni los métodos pedagógicos. Así, la complementariedad genera un entorno donde todos los aspectos del aprendizaje coexisten y se refuerzan entre sí, valorando la singularidad de cada alumno.

La IA como facilitador dentro del marco de la transcomplejidad

La inteligencia artificial al igual que el aprendizaje adaptativo no se integra a la educación en una forma rígida y uniforme, sino que complementa el proceso educativo al ofrecer recursos personalizados y dinámicos. Mientras que los docentes utilizan estrategias pedagógicas basadas en la experiencia humana, la IA facilita la creación de entornos de aprendizaje que se ajustan de manera continua a las necesidades de cada estudiante, proporcionando retroalimentación y ajustes a los contenidos en tiempo real.

De este modo, Woolf (2010) destaca que “la IA actúa como un aliado pedagógico que apoya al docente en la toma de decisiones y en la personalización del aprendizaje, pero sin reemplazar el papel fundamental del educador” (p.90). Visto de esta forma, la Inteligencia Artificial y el profesor colaboran en un trabajo complementario, cada uno con sus puntos fuertes.

No obstante, el profesor continúa siendo el responsable de gestionar el proceso educativo y el entrenamiento emocional de los estudiantes, mientras que la Inteligencia Artificial se ocupa de ofrecer una educación personalizada y activa.

Cabe resaltar que, uno de los pilares más importantes de la educación transcompleja es la retroalimentación, que es un componente clave de la recursividad en los sistemas educativos. Así, la Inteligencia Artificial permite que el sistema (estudiante, profesor, plataforma) se adapte dinámicamente, fomentando un aprendizaje constante y flexible.

De esta manera, ofrece retroalimentación sobre las acciones y problemas del estudiante, mientras que el profesor proporciona una perspectiva más emocional y reflexiva, asistiendo a estos para que puedan entender las razones detrás de sus aciertos y desaciertos. Es como un espejo que refleja lo que se hace bien y lo que puede mejorarse, guiando el camino hacia un desarrollo más efectivo.

Mediante la retroalimentación complementaria, tanto la IA como el docente pueden ajustar su enfoque y colaborar para mejorar la comprensión del estudiante. D'Mello y Graesser (2015) subrayan que "esta retroalimentación continua no solo ayuda a corregir errores, sino también a fortalecer la confianza del estudiante, manteniendo su motivación y compromiso" (p.223).

De tal forma que, en la educación transcompleja, la retroalimentación actúa como un puente que religa las dimensiones cognitivas y emocionales del aprendizaje, asegurando que los estudiantes no solo aprendan, sino que se sientan

empoderados y comprometidos en su propio desarrollo.

Evidentemente, mediante la integración de la Inteligencia Artificial y el aprendizaje personalizado, los procesos educativos se tornan más dinámicos y adaptables. Por lo tanto, la IA no reemplaza la formación humana, sino que optimiza la experiencia de aprendizaje, ajustando los contenidos y las estrategias pedagógicas en tiempo real para satisfacer las necesidades y ritmos de cada estudiante.

Un ejemplo de esta optimización es el sistema DreamBox, que ajusta la dificultad de los problemas matemáticos según las respuestas del estudiante, y, a su vez, proporciona al docente un conjunto de informes detallados que le permiten ajustar la educación en función del avance individual de cada estudiante. Este tipo de optimización asegura que ningún estudiante quede atrás, al mismo tiempo que potencia su aprendizaje de forma personalizada.

A pesar de sus beneficios, la complementariedad entre IA, aprendizaje adaptativo y transcomplejidad enfrenta algunos desafíos que deben ser cuidadosamente gestionados, tales como:

1.Desigualdad en el acceso a la tecnología. No todos los estudiantes tienen el mismo acceso a plataformas tecnológicas avanzadas, lo que puede generar brechas educativas. Pérez-Sanagustín et al (2017) sugieren que el acceso a la tecnología debe ser una prioridad en todos los países.

2. Privacidad de los datos. La formación de los docentes es fundamental. De tal modo que, Woolf (2010) destaca que para que la IA sea efectiva, los docentes deben ser entrenados en su uso y comprender su funcionamiento. Por lo que, Williamson (2017) señala que la seguridad y transparencia son esenciales para evitar abusos.

3.Formación continua de los docentes. Su capacitación es esencial para asegurar que los educadores sepan usar la IA y el aprendizaje adaptativo de manera ética y pedagógica. Así pues,

Woolf (2010) destaca que para que la IA sea efectiva, los docentes deben ser entrenados en su uso y comprender su funcionamiento.

4.Consideraciones éticas. El uso de IA requiere una gestión responsable de los datos de los estudiantes, garantizando la privacidad y seguridad de su información.

De este modo, la combinación de Inteligencia Artificial, aprendizaje adaptativo y transcomplejidad proporciona una perspectiva proactiva de la educación futura. Por lo tanto, no deben interpretarse como sistemas vinculados de manera estricta, sino como instrumentos adicionales que potencian el proceso de aprendizaje al proporcionar una experiencia personalizada, dinámica y ajustada a las demandas de cada estudiante.

Casos de estudio y aplicaciones prácticas

Bienvenidos al aula cósmica

Seguidamente se presentan ejemplos de casos de estudio y sus aplicaciones prácticas.

-Knewton. Personalización del aprendizaje en tiempo real, es una plataforma que utiliza IA para adaptar los contenidos educativos de acuerdo con las necesidades individuales de cada estudiante. Se basa en algoritmos que analizan cómo los estudiantes interactúan con los contenidos y ajustan los ejercicios y niveles de dificultad en tiempo real.

Siemens (2013) destaca que las tecnologías de aprendizaje adaptativo permiten la creación de entornos educativos personalizados que se ajustan a las necesidades del estudiante, promoviendo una experiencia de aprendizaje más eficaz.

Cabe resaltar que, el uso de plataformas como Knewton, que emplean IA para personalizar el aprendizaje, respalda la idea de que la tecnología no sustituye a los docentes, sino complementa su trabajo, permitiendo una educación más eficiente y accesible.

-DreamBox. Una solución novedosa es una plataforma de matemáticas personalizable que utiliza Inteligencia Artificial para crear un entorno de

aprendizaje interactivo, ajustando la dificultad de las actividades según el rendimiento del estudiante y proporcionando retroalimentación inmediata. Por lo tanto, Bransford, Brown y Cocking (2000) explican que “el aprendizaje efectivo debe adaptarse al ritmo y las capacidades del estudiante, y herramientas como DreamBox permiten precisamente esto mediante el uso de IA” (p.89).

El aprendizaje adaptativo, como el que ofrece DreamBox, es efectivo porque responde a las necesidades específicas del estudiante, permitiéndole avanzar a su propio ritmo. También potencia la motivación y la independencia, dado que los estudiantes no se ven obligados a mantener el mismo ritmo que sus pares. Por ende, al proporcionar una experiencia personalizada, se facilita que se fortalezcan en su proceso de aprendizaje.

-Smart Sparrow. Sistema de tutoría inteligente, que es una plataforma que utiliza IA para crear entornos de aprendizaje personalizados,

proporcionando retroalimentación basada en el desempeño y adaptando las actividades según las necesidades individuales de cada estudiante.

Anderson y Schulz (2018) afirman que los sistemas de tutoría inteligentes (ITS) como Smart Sparrow son fundamentales para proporcionar una educación personalizada en tiempo real, mejorando así la experiencia educativa de los estudiantes al ofrecerles recursos ajustados a su nivel de competencia.

De esta manera, tienen un impacto significativo en el aprendizaje al adaptarse a las necesidades del estudiante y ofrecer retroalimentación continua. Esto incrementa la independencia del estudiante y facilita respuestas rápidas al presentarse problemas.

Casos Internacionales. Educación inclusiva y adaptativa en **Finlandia.** Se destaca por su enfoque progresista en la educación, en el que la Inteligencia Artificial se aplica en el aula como un recurso adicional que promueve un aprendizaje personalizado y adaptable.

En función de lo planteado, las plataformas tecnológicas facilitan a los estudiantes el aprendizaje a su velocidad y la adaptación de los contenidos a sus requerimientos. Kangas et al (2017) destacan que la personalización del aprendizaje es clave en los sistemas educativos avanzados como el de Finlandia y el uso de tecnologías basadas en IA ha sido un factor importante en su éxito educativo.

A su vez, Laine y Pasi (2019) resaltan cómo Finlandia utiliza la IA no solo para ajustar contenidos a las necesidades del estudiante, sino también para fomentar la colaboración entre estudiantes y docentes, creando un entorno de aprendizaje más interactivo.

Por ello, el sistema educativo finlandés es un claro ejemplo de cómo la tecnología puede ser utilizada de manera ética y eficaz para personalizar el aprendizaje, potenciar la colaboración y hacer la educación más inclusiva.

Los autores destacan que Finlandia se centra en la equidad y la accesibilidad, lo que asegura que la

tecnología no genere brechas, sino que las cierre. Este es un ejemplo de cómo la IA y el aprendizaje adaptativo pueden enriquecer la educación inclusiva y colaborativa.

Uso de IA en la educación pública de **China**. La IA se ha integrado de manera significativa en el sistema educativo para mejorar la accesibilidad y la eficiencia del proceso de aprendizaje. Plataformas como iFLYTEK utilizan IA para crear un ambiente de aprendizaje más interactivo y personalizado, especialmente en la educación de idiomas y materias STEM.

Debido a ello, Pérez-Sanagustín et al (2017) afirman que “el uso de IA en el sistema educativo chino ha permitido la creación de plataformas educativas accesibles, que personalizan el aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales de los estudiantes” (p.300).

Por lo tanto, estos autores, resaltan que la IA en China se utiliza para superar desigualdades educativas, proporcionando a estudiantes de áreas

remotas herramientas para acceder a contenidos de calidad. Esta personalización del aprendizaje, basada en IA, permite que todos los estudiantes tengan la oportunidad de aprender de acuerdo con sus capacidades y necesidades.

Ciertamente, la inteligencia artificial y el aprendizaje adaptativo han cambiado y siguen cambiando la educación a nivel global. Mediante ejemplos específicos de plataformas tecnológicas y casos de otros países, se observa cómo se emplean estas herramientas para personalizar y mejorar el aprendizaje.

V. MACHINE LEARNING EN LA EDUCACIÓN. POTENCIANDO EL APRENDIZAJE PERSONALIZADO

El eco en la máquina

Figura 7. Escultor de conocimiento
Fuente: Gemini (2025)

El Machine Learning (ML) o aprendizaje automático, se ha convertido en una tecnología fundamental en la educación contemporánea. Según Alpaydin (2016) “es una rama de la inteligencia artificial (IA) que permite a las máquinas

aprender y hacer predicciones sin ser programadas explícitamente" (p.30).

De acuerdo con Jordan y Mitchell (2015) el Machine Learning "no solo mejora la eficiencia de los procesos educativos, sino que permite el desarrollo de sistemas dinámicos que pueden aprender de las interacciones de los estudiantes y ajustar las experiencias de aprendizaje en tiempo real" (p.105).

En el marco transcomplejo, de acuerdo con Balza (2020) el profesor actúa como un mediador dialógico, transformando la educación en un sistema vivo que responde a la multidimensionalidad de los estudiantes, alineándose con el principio de interactividad. Así, la educación transcompleja debe ser flexible y las plataformas ajustan los itinerarios de aprendizaje de acuerdo con el avance del estudiante.

Principios básicos del aprendizaje automático

El Machine Learning se basa en diversos enfoques, cada uno con aplicaciones específicas en el ámbito educativo:

-Aprendizaje supervisado. Implica entrenar un modelo con datos etiquetados, permitiendo a la máquina aprender patrones a partir de ejemplos. Según Goodfellow, Bengio y Courville (2016) el aprendizaje supervisado es fundamental para tareas como la predicción de rendimiento y la clasificación de estudiantes.

-Aprendizaje no supervisado. En este caso, la máquina identifica patrones en los datos sin requerir etiquetas. Bishop (2006) sostiene que este tipo de aprendizaje es útil en la exploración de grandes bases de datos educativos para descubrir patrones no evidentes.

-Aprendizaje por refuerzo. Sutton y Barto (2018) argumentan que “el aprendizaje por refuerzo se basa en la idea de recompensar o castigar las acciones tomadas por un agente, en este caso, un sistema educativo para optimizar su rendimiento. En la educación, este enfoque se puede utilizar para ajustar las estrategias pedagógicas basadas en la retroalimentación recibida del estudiante.

Por consiguiente, el Machine Learning transforma la educación al ofrecer enfoques diversificados como el aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo, cada uno con aplicaciones específicas que optimizan los procesos educativos.

Aplicaciones en educación

1. Predicción del rendimiento de los estudiantes. Se basa en la capacidad de los sistemas para identificar patrones en los datos históricos de los estudiantes. Baker (2016) sostiene que, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos de comportamiento estudiantil, se pueden prever los resultados de los estudiantes, ayudando a identificar a aquellos en riesgo de bajo rendimiento y proporcionando a los educadores información preventiva.

2. Personalización del aprendizaje. Dutt (2018) explica que, mediante “el uso de algoritmos de IA y Machine Learning, estos sistemas ajustan en tiempo real la dificultad del contenido y las actividades de

aprendizaje, proporcionando una experiencia única y adaptada a cada estudiante.

3. Sistemas de recomendación. Al igual que Netflix o Amazon, los sistemas educativos basados en Machine Learning utilizan algoritmos de recomendación para sugerir contenido personalizado. Ricci et al (2015) plantean que estos sistemas pueden recomendar cursos o materiales adicionales que se ajusten a los intereses y necesidades de cada estudiante, lo que aumenta su motivación y compromiso.

4. Ejemplo detallado de aplicación del machine learning en la educación. Sistema de recomendación de contenido personalizado con aprendizaje supervisado, es una plataforma educativa en línea, similar a plataformas como Coursera, según Goodfellow, Bengio y Courville (2016) recomienda recursos de aprendizaje personalizados a estudiantes de secundaria que están aprendiendo matemáticas, específicamente álgebra lineal.

Efectivamente, el sistema, denominado MathMentor, recopila datos sobre el desempeño, preferencias y estilos de aprendizaje de los estudiantes para predecir y recomendar contenido educativo (videos, ejercicios, lecturas) que maximice su comprensión y participación.

Este sistema utiliza un modelo de aprendizaje supervisado basado en un algoritmo de clasificación, por ejemplo, un árbol de decisión o una red neuronal, para clasificar qué tipo de recurso es más efectivo para cada estudiante en función de su historial de aprendizaje.

Funciona de la siguiente forma: lleva un historial de ejercicios resueltos, por ejemplo, porcentaje de respuestas correctas en ecuaciones lineales. Registra el tiempo dedicado a cada tipo de recurso, videos, textos, simulaciones interactivas.

Igualmente, resultados de autoevaluaciones, por ejemplo, puntajes en cuestionarios sobre sistemas de ecuaciones. Así mismo, referencias

declaradas, por ejemplo, el estudiante indica que prefiere videos cortos.

Registra estilo de aprendizaje identificado, visual, auditivo, kinestésico, a través de un cuestionario preliminar. Logro del estudiante con cada recurso, evaluado como recuperación, incremento en la puntuación de un examen posterior a la utilización de un recurso o compromiso, finalizar un video sin interrupciones frente a dejarlo.

Por ejemplo, un estudiante que vio un video de cinco minutos sobre matrices y luego resolvió correctamente el 90% de un cuestionario recibe una etiqueta positiva para ese video. A su vez, el modelo se entrena con un conjunto de datos históricos de miles de estudiantes.

Por ejemplo, el conjunto de datos podría incluir: estudiante A con 70% de aciertos en ecuaciones, prefiere videos, estilo visual, vio un video de 3 tres minutos, aumentó su puntaje en un 20% (etiqueta positiva).

Estudiante B, 50% de aciertos, prefiere textos,

estilo de lectura/escritura, leyó un artículo, no mejoró su puntaje (etiqueta negativa).

En consecuencia, el algoritmo aprende patrones, como: estudiantes con menos del 60% de aciertos y estilo visual tienen un 85% de probabilidad de mejorar con simulaciones interactivas. Según Goodfellow et al (2016) este proceso permite “al modelo generalizar patrones para predecir el rendimiento estudiantil con nuevos datos”. (p.12)

Aplicación en tiempo real, una estudiante, María, inicia sesión en MathMentor para estudiar sistemas de ecuaciones. Su perfil indica 55% de aciertos en ejercicios anteriores, prefiere recursos visuales y ha abandonado videos largos, menos de10 minutos.

El modelo, por su parte, estima que María posee un 90% de probabilidad de aumentar su comprensión mediante una simulación interactiva de cinco minutos que representa sistemas de ecuaciones como líneas que se cruzan, en lugar de un extenso video o un texto escrito.

De este modo, MathMentor recomienda: prueba esta simulación, explora cómo las líneas se cruzan para resolver ecuaciones. María interactúa con la simulación, ajustando parámetros para ver cómo cambian las soluciones, y luego responde un cuestionario donde aumenta su puntaje a un 80%.

Después del cuestionario, MathMentor registra el resultado (80% de aciertos) y el recurso utilizado (simulación interactiva) como un nuevo punto de etiquetado de datos. El modelo se reentrena periódicamente con estos datos para mejorar sus predicciones. Si María muestra avance, el sistema ajusta su plan, recomendando contenido más avanzado (por ejemplo, matrices). Si no, recomienda recursos alternativos, como un vídeo corto con ejemplos visuales.

Como señala Holmes (2021) el sistema adapta el aprendizaje a las necesidades de María, aumentando su motivación al ofrecer recursos que se alinean con su estilo visual y ritmo. Coincide con Jordan y Mitchell (2015) que señala que el modelo

optimiza el tiempo de aprendizaje al evitar recursos ineficaces, videos largos y mejora la eficiencia de los docentes al automatizar la planificación.

Como indica D'Mello y Graesser (2015) “la retroalimentación continua: buen trabajo, tu puntaje mejoró, fortalece la confianza de María y mantiene su compromiso” (p.223). En el mismo sentido, el sistema puede adaptarse a estudiantes con necesidades diversas.

Análisis de sentimientos y emociones

El análisis de sentimientos mediante Machine Learning está comenzando a jugar un papel importante en la educación. Según D'Mello y Graesser (2015) “puede detectar las emociones de los estudiantes, por ejemplo, frustración o entusiasmo, mediante la interacción con plataformas educativas y adaptar el contenido para mejorar su compromiso emocional y motivación” (p.12).

Estos expertos en sistemas de tutoría inteligente y psicología del aprendizaje investigan cómo las tecnologías, como el análisis de sentimientos,

pueden captar estados afectivos de los estudiantes para optimizar su experiencia educativa. El análisis de sentimientos utiliza técnicas de Machine Learning, por ejemplo, procesamiento de lenguaje natural o reconocimiento facial, para interpretar emociones en datos como texto, voz o expresiones faciales.

De esta manera subrayan que esta tecnología no solo detecta emociones, sino que adapta dinámicamente el contenido, promoviendo un aprendizaje más motivador y emocionalmente significativo. Balza (2020) señala que “la transcomplejidad designa una reconfiguración conceptual emergente acerca del mundo de la vida que religa pensamiento, energía e imaginación, donde converge lo simple y lo complejo, certeza e incertidumbre y se abren nuevas vertientes discursivas y argumentales para el encuentro de múltiples lógicas científicas que intentan explicar, tanto la multidimensionalidad de la existencia

humana, como lo multirreferencial de lo real complejo" (p.113).

Por lo que, el análisis de sentimientos al captar frustración o entusiasmo reconoce al estudiante como un ser integral, fortaleciendo su conexión emocional con el aprendizaje. El análisis de sentimientos actúa como un mediador que dialoga con el estado emocional del estudiante, ajustando el contenido para mantenerse motivado.

Beneficios en educación

-Personalización del aprendizaje. Permite crear experiencias de aprendizaje personalizadas, ajustando el contenido a las necesidades de cada estudiante, lo que mejora la motivación y resultados. Según Siemens (2013) esta personalización "mejora el proceso de aprendizaje al asegurar que los estudiantes interactúen con el contenido adecuado para su nivel de competencia" (p.110).

-Optimización del tiempo docente. Automatiza tareas repetitivas, como la evaluación y el seguimiento del rendimiento, lo que permite a los

docentes centrarse en aspectos pedagógicos. VanLehn (2011) destaca que “esto permite una gestión más eficiente del aula y una mayor interacción personalizada con los estudiantes” (p.56).

-Predicción de brechas en el aprendizaje. Facilita la anticipación de los retos que los estudiantes podrían enfrentar y ofrece soluciones personalizadas para abordarlos antes de que se transformen en problemas serios. De esta manera, Baker et al (2016) argumentan que “estos sistemas proactivos son clave para mejorar los resultados académicos” (p.10).

-Mejora de la accesibilidad. Promueve una educación inclusiva al adaptar el contenido a las necesidades de estudiantes con dificultades de aprendizaje o discapacidad. Selvaraju et al (2019) explican “cómo la IA puede hacer que el aprendizaje sea más accesible, utilizando tecnologías asistidas y adaptando el contenido según las capacidades del estudiante” (p.89).

En consecuencia, el Machine Learning (ML) revoluciona la educación al ofrecer beneficios transformadores como la personalización del aprendizaje, la optimización del tiempo docente, la predicción de brechas en el aprendizaje y la mejora de la accesibilidad, creando un sistema educativo dinámico, inclusivo y centrado en el estudiante que responde a la multidimensionalidad, debido a que no solo optimiza procesos, sino que enriquece la experiencia educativa, alineándose con la visión de una educación adaptativa y equitativa para una sociedad planetaria.

El Machine Learning está demostrando ser una herramienta poderosa para transformar la educación, permitiendo un aprendizaje más personalizado, dinámico y eficaz. Aunque enfrenta desafíos relacionados con la desigualdad de acceso y la privacidad de los datos, su potencial para mejorar la educación inclusiva y optimizar los procesos pedagógicos es innegable.

El futuro de la educación

Cartografía de un nuevo mundo

El futuro de la educación está siendo revolucionado por el avance de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), el aprendizaje adaptativo y la transcomplejidad. Este futuro no solo involucra el uso de herramientas tecnológicas para optimizar el aprendizaje, sino la creación de un modelo educativo que promueva la flexibilidad, la adaptabilidad y la personalización en función de las necesidades y características de cada estudiante.

Por lo que, la transcomplejidad, al reconocer la interconexión de las diferentes dimensiones del conocimiento y la diversidad de los estudiantes, ofrece una visión integral que se adapta a las realidades cambiantes de la educación. Esta perspectiva futura implica un modelo donde los contenidos se ajustan en tiempo real, creando un proceso dinámico, interactivo y colaborativo.

Por lo tanto, el metaverso educativo, la IA generativa y las plataformas de aprendizaje

inmersivo son algunas de las tendencias emergentes que están moldeando la educación del futuro.

Estas tecnologías no solo permiten entornos virtuales de aprendizaje, sino que abren nuevas formas de interactuar con el conocimiento, donde el estudiante no es un receptor pasivo, sino un actor activo en la construcción de su aprendizaje.

Una de las innovaciones más prometedoras es el uso de la IA generativa, que tiene el poder de crear contenidos nuevos de forma autónoma y personalizada. A diferencia de la IA tradicional, que se limita a procesar datos y hacer predicciones, la generativa va un paso más allá, creando nuevas experiencias de aprendizaje basadas en las necesidades individuales de cada estudiante.

Por ejemplo, plataformas como OpenAI, que desarrollan modelos de lenguaje generativo, están comenzando a ofrecer herramientas educativas que pueden crear materiales personalizados para los estudiantes, adaptándose a su nivel de competencia

y estilo de aprendizaje. Esto puede incluir desde ejercicios interactivos, hasta contenidos multimedia como videos, audios o simulaciones que refuercen el aprendizaje de manera única para cada estudiante.

Al respecto, Siemens (2013) argumenta que “el futuro de la educación está marcado por la creación de entornos de aprendizaje generativos, donde las máquinas no solo ayudan a facilitar el aprendizaje, sino que también co-crean experiencias educativas junto con los estudiantes” (p.79). En este aspecto, la IA generativa puede convertir cualquier asunto en una experiencia de aprendizaje singular y activa.

De este modo, el concepto de metaverso educativo está ganando relevancia como un espacio de aprendizaje inmersivo, donde los estudiantes pueden interactuar con contenidos educativos y compañeros en un entorno virtual. Por lo que, no solo ofrece experiencias de aprendizaje en realidad aumentada o virtual, sino que facilita una interacción más rica entre los estudiantes, el contenido y los educadores.

A su vez, permitirá crear aulas virtuales donde los estudiantes puedan explorar conceptos de manera inmersiva, experimentando situaciones que serían imposibles de replicar en el aula tradicional. Un estudiante de física, por ejemplo, podría estar participando en una simulación de una explosión de estrellas, manipulando los datos en tiempo real y modificando variables para ver las consecuencias en un entorno controlado.

En este sentido, Koller (2022) explora “cómo las tecnologías inmersivas transformarán la docencia y el aprendizaje, permitiendo que los estudiantes participen en experiencias educativas personalizadas que van más allá de la pasividad de la educación tradicional” (p.12). De tal modo que, el metaverso educativo será un espacio vivo, donde los estudiantes pueden explorar, experimentar y crear en tiempo real, lo que propicia un aprendizaje profundo.

Cabe considerar que, el futuro de la educación con IA y desde un enfoque transcomplejo abre la

puerta a un modelo donde el aprendizaje es más dinámico, flexible y adaptado a las necesidades individuales de los estudiantes. Siendo inclusivo tiene el potencial de cerrar brechas y proporcionar una educación de calidad a una mayor cantidad de estudiantes en todo el mundo.

El futuro de la educación está lleno de posibilidades emocionantes. A medida que se avanza hacia un entorno educativo más dinámico, personalizado y colaborativo, la IA y el metaverso educativo jugarán un papel fundamental en la transformación de cómo se aprende, educa y relaciona con el conocimiento.

El futuro de la educación será, sin duda, transformador y adaptativo, ofreciendo oportunidades para que todos los estudiantes aprendan y crezcan a su propio ritmo, con el apoyo de tecnologías avanzadas que complementan la sabiduría humana.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Figura 8. Herramienta de creación asistida
Fuente: Gemini (2025)

Aprendizaje Adaptativo. Bransford, Brown y Cocking (2000) subrayan la importancia de adaptar los contenidos educativos a las capacidades previas de los estudiantes. El aprendizaje adaptativo es un enfoque pedagógico basado en tecnologías inteligentes que ajustan en tiempo real el contenido, las actividades y la evaluación según las necesidades y el rendimiento de cada estudiante. Su

objetivo es personalizar el aprendizaje para que se adapte al ritmo y estilo del estudiante.

Análisis de sentimientos. El análisis de sentimientos es un tipo de Machine Learning que analiza el lenguaje natural para identificar emociones y sentimientos expresados por los usuarios. En el ámbito educativo, puede ser utilizado para analizar la motivación y el estado emocional de los estudiantes. Pang y Lee (2008) discuten cómo el análisis de sentimientos puede ser utilizado para detectar emociones en los textos y discursos de los estudiantes, lo que ayuda a personalizar el aprendizaje.

Aprendizaje Supervisado. Es una técnica de Machine Learning en la que el modelo aprende a partir de datos etiquetados, donde las respuestas correctas ya están definidas. La meta es que el modelo adquiera la habilidad de generalizar patrones de los datos para realizar predicciones o clasificaciones sobre información nueva. Bishop (2006) explica cómo el aprendizaje supervisado

utiliza datos etiquetados para entrenar un modelo de clasificación o predicción.

Aprendizaje No Supervisado. El aprendizaje no supervisado es una técnica de Machine Learning en la que el modelo identifica patrones en datos no etiquetados, sin la necesidad de supervisión externa. Se utiliza comúnmente para agrupación y reducción de dimensiones. Hastie, Tibshirani y Friedman (2009) describen el aprendizaje no supervisado como el proceso de identificar estructuras en los datos sin etiquetas para extraer patrones ocultos.

Aprendizaje por Refuerzo. El aprendizaje por refuerzo es un enfoque de Machine Learning en el que un agente (una máquina) aprende a realizar acciones dentro de un entorno para maximizar una recompensa. El agente ajusta sus acciones en función de la retroalimentación que recibe del entorno. Sutton y Barto (2018) explican cómo el aprendizaje por refuerzo se basa en el concepto de recompensas y penalizaciones para optimizar las decisiones del agente.

Evaluación Automática. Se refiere a la capacidad de las máquinas para evaluar tareas, respuestas y comportamientos de los estudiantes sin intervención humana directa. VanLehn (2011) resalta cómo los sistemas de evaluación automática pueden proporcionar retroalimentación rápida y precisa, lo que permite a los estudiantes corregir errores en tiempo real.

Inteligencia Artificial. Norvig (2020) describe la IA como un campo que permite que las máquinas aprendan, razonen y resuelvan problemas complejos. Se refiere a sistemas o máquinas diseñadas para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como razonar, aprender, tomar decisiones, y reconocer patrones.

Machine Learning (Aprendizaje Automático). Es una subdisciplina de la inteligencia artificial que permite que las máquinas aprendan y mejoren su rendimiento sin ser programadas explícitamente. Emplea algoritmos para examinar datos, reconocer patrones y realizar pronósticos fundamentados en

esta información. Alpaydin (2016) describe el aprendizaje automático como un conjunto de algoritmos que permiten a las máquinas aprender de los datos sin intervención humana.

Sistemas de Recomendación. Los algoritmos de recomendación son sistemas de Machine Learning que proponen productos, contenidos o experiencias basándose en las preferencias y el comportamiento del usuario. En la educación, estos sistemas recomiendan cursos o materiales educativos relevantes para cada estudiante. Ricci, Rokach Shapira (2015) detallan cómo los sistemas de recomendación utilizan algoritmos de filtrado colaborativo y basado en contenido para ofrecer recomendaciones personalizadas.

Transcomplejidad. Villegas, Schavino et al (2006) la define como un proceso dinámico que integra diversas dimensiones del conocimiento: cognitiva, emocional, sociocultural y política, reconociendo que la realidad educativa está

compuesta por múltiples capas que se entrelazan y se transforman constantemente.

Por lo que, supera la mera fusión de saberes, considerando el aprendizaje como un fenómeno complejo, donde múltiples componentes interactúan y se enriquecen, tales como la cognición, las emociones y los aspectos socioculturales. De este modo, promueve una educación dinámica y flexible, que se adapta constantemente a las necesidades de los estudiantes.

REFERENCIAS

Alpaydin, E. (2016). *Introduction to machine learning*. MIT Press.

Baker, R. S. (2016). Predicting the future: Learning analytics in education. *Computers y Education*, 98, 60-70.

Bakhtin, M. (1981). El problema de los géneros discursivos. *Estética de la creación verbal*, 271-284. Siglo XXI.

Balza, A. (2020). *Complejidad, transdisciplinariedad y transcomplejidad: los caminos de la nueva ciencia.* Apunesr

Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.

Bourdieu, P. (1990). *La reproducción: Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. Siglo XXI.

Bransford, J. D., Brown, A. L y Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.

Balza, A y Schavino, N. (2020). *El Umbral de las Transciencias Sociales. Un Debate Necesario desde la Transcomplejidad*. REDIT,

Capra, F. (2003). *Las conexiones profundas: implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo*. Anagrama.

D'Mello, S. K., y Graesser, A. C. (2015). Feeling, thinking, and computing: A review of the interaction between affective computing and educational technologies. In R. A. Calvo, S. K. *The*

Oxford Handbook of Affective Computing. Oxford University Press.

Goodfellow, I., Bengio, Y y Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Hastie, T., Tibshirani, R y Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction*. Springer.

Holmes, W., Bialik, M y Fadel, C. (2021). Artificial Intelligence and Education: A Critical View through the Lens of Human Rights, Democracy and the Rule of Law. Council of Europe.

Jordan, M. I y Mitchell, T. M. (2015). *Machine learning: Trends, perspectives, and prospects*. Science, 349(6245), 255-260.

Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance*. Springer.

Koller, D. (2022). Metaverso y su impacto en el aprendizaje: Hacia un futuro educativo inmersivo. *Journal of Educational Technology*, 24(2), 45-58.

Luckin, R. (2018). *Aprendizaje automático e inteligencia humana: El futuro de la educación en el siglo XXI.* UCL Institute of Education Press.

Morín, E. (2004). *Introducción al Pensamiento Complejo*. Gedisa.

Morin, E. (2008). *La cabeza bien puesta: Reflexiones sobre la reforma educativa*. Siglo XXI.

Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Pang, B., y Lee, L. (2008). Opinion mining and sentiment analysis. Foundations and Trends in *Information Retrieval*, 2(1–2), 1-135.

Perdomo, W., Salazar, S., Pérez, R., Rodríguez, J., Ruiz, B. y Villegas, C. (2017). *Comprendiendo la Transcomplejidad.* REDIT

Pérez-Sanagustín, M., et al. (2017). Artificial intelligence in educational environments: Challenges and opportunities. *Journal of Educational Technology*, 25(3), 1-18.

Ricci, F., Rokach, L y Shapira, B. (2015). *Recommender systems handbook*. Springer.

Schavino, N. (2012). La epistemología del enfoque integrador transcomplejo. Investigación Transcompleja. De la Discimplicidad a la Transdisciplinariedad. FEUBA

Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a new educational paradigm. *EDUCAUSE Review*, 48(5), 38-41.

Siemens, G., y Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, 46(5), 30-40.

Siemens, G. *(2004). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age.* elearnspace.org.

Sutton, R. S y Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction* (2nd ed.). MIT Press.

UNESCO. (2024). *De qué hablamos, cuando hablamos de IA*. CILAC.www.unesco.org/…

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist,* 46(4), 197-221.

Villegas, C. (2022). Hacia una noción de la transeducación. *Transeducación. Un nuevo enfoque*. FEREDIT.

Villegas, C. (2018). Pedandragogía. *Teorías epistemologías y educativas. Revisitadas desde la transcomplejidad*. ESCRIBA.

Villegas, C. (2012). *La transcomplejidad como modo de pensar*. EAE.

Villegas, C. (2016). Vía metodológica de la transcomplejidad. *Vía Investigativa de la Transcomplejidad.* FEUBA

Villegas, C y Schavino, N et al. (2006). *La investigación. Un Enfoque Integrador transcomplejo.* UBA.

Williamson, B. (2017). *Datafication and automation in education: Ethical and p*

Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.

María Fernández

Postdoctora en Filosofía y Transdisciplinariedad. Doctora en Ciencias de la Educación de la (UNERG). Docente del Área de Postgrado y Pregrado. Directora de la Revista Científica CIENCIAEDUC –UNERG. Directora (CEIACERG-UNERG). Editora (REVEPTE) del Centro Latinoamericano de Estudios en Epistemología Pedagógica CESPE Venezuela. Jefe de Diagramación Horizontes Prensa Digital Internacional. Venezuela. Correo.
maria1fernandezsilva@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8138-5373

La obra plantea una nueva visión de la educación transcompleja complementada por las bondades de la inteligencia artificial, el aprendizaje adaptativo y automático, en un dialogo entre humanidad y máquina.